



**Interactie tussen diverse aaltjessoorten en
verticillium in suikerbieten**





Interactie tussen diverse aaltjessoorten en verticillium in suikerbieten

Martijn Pepping¹, Elma Raaijmakers¹ en Bram Hanse¹

Thea van Beers² en Leendert Molendijk²

¹Stichting IRS

Postbus 32

4600 AA Bergen op Zoom

Telefoon: +31 (0)164 - 27 44 00

Fax: +31 (0)164 - 25 09 62

E-mail: irs@irs.nl

Internet: <http://www.irs.nl>

²PPO-agv

Postbus 430

8200 AK Lelystad

Telefoon: +31 (0)320 - 29 11 11

Fax: +31 (0)320 - 23 04 79

E-mail: infoagv.ppo@wur.nl

Internet: <http://www.ppo.wur.nl/NL/onderzoek/agv>

Dit project maakt deel uit van het Actieplan Aaltjesbeheersing, een initiatief van het Productschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw en LTO Nederland. Binnen het Actieplan voeren diverse partijen gezamenlijk onderzoeks- en voorlichtingsprojecten uit op het gebied van aaltjesbeheersing, om de continuïteit van teelten voor de Nederlandse land- en tuinbouw te waarborgen.

Informatie over het Actieplan Aaltjesbeheersing

Tjitse Bouwkamp

Postbus 29739

2502 LS Den Haag

Telefoon: 070 - 370 84 26

Fax: 070 - 370 83 10

E-mail: aaltjesbeheersing@hpa.agro.nl

Internet: www.kennisakker.nl



Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Het Actieplan Aaltjesbeheersing, PPO-agv en IRS stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruikmaking van de gegevens uit deze uitgave.

©IRS 2012 Project: 12-13

INHOUD

SAMENVATTING.....	3
1. INLEIDING	4
2. WERKWIJZE	7
2.1 OPZET KLIMAATKAMERTOETS	7
2.2 OPKWEKEN VAN PLANTEN	7
2.3 KLAARMAKEN VAN AALTJES	7
2.4 AANBRENGEN AALTJESBESMETTING	7
2.5 WAARNEMINGEN.....	8
2.6 STATISTIEK.....	8
3. RESULTATEN.....	9
3.1 EFFECT VAN AALTJESSOORT EN AANTAL	9
3.2 EFFECT VAN AANTAL AALTJES.....	10
3.3 EFFECT RASSENKEUZE	12
4. DISCUSSIE.....	13
4.1 BELANGRIJKSTE RESULTATEN	13
4.2 BEHEERSMAATREGELEN VERTICILLIUM EN AALTJES	13
5. CONCLUSIES.....	15
6. LITERATUUROVERZICHT.....	16
BIJLAGE 1. OBJECTENLIJST	17
BIJLAGE 2. EFFECT VAN AALTJESSOORT EN HOEVEELHEID OP WORTELGEWICHT	18
BIJLAGE 3. EFFECTEN VAN RAS	19
BIJLAGE 4. EFFECTEN VAN ALLE FACTOREN OP BLADAANTASTING EN WORTELGEWICHT	20
BIJLAGE 5. ALLE RESULTATEN.....	22
BIJLAGE 6. STATISTIEK.....	23

Samenvatting

Het doel van dit project was om te onderzoeken of de aantasting door verticillium (*V. dahliae*) in suikerbieten wordt bevorderd door diverse soorten aaltjes (bietencysteaaltjes, wortellesie-aaltjes en wortelknobbelaaltjes).

Dit is gedaan in een klimaatkamertoets, waarbij planten wel en niet geïnfecteerd zijn met verticillium bij een gevoelig en tolerant ras voor verticillium en bij vier verschillende soorten aaltjes in twee dichtheden.

Hoge besmettingen met larven (830-1.050 per pot) van het geel en wit bietencysteaaltje en het noordelijk wortelknobbelaaltje hebben een versterkend effect op zowel bladaantasting als op een verlaging van het wortelgewicht door verticillium ten opzichte van geen of een lage (10-14 aaltjes per pot) besmetting. Het geel bietencysteaaltje zorgt, wanneer aanwezig in een grote hoeveelheid (1.040 aaltjes/pot), voor de grootste versterking van verticilliumsymptomen.

Hoge besmettingen met het wortellesieaaltje (852 aaltjes per pot) zorgde enkel in combinatie met het voor verticillium gevoelige ras (I037) voor verergering van de bladaantasting. Als er veel aaltjes waren toegevoegd, maakte het ook niet meer uit of het een gevoelig of tolerant ras betrof.

Schade door verticillium werd dus bevorderd door aaltjes. Hoe meer aaltjes, hoe meer aantasting er zichtbaar was. Dit gold bij het voor verticillium gevoelige ras voor alle vier de aaltjessoorten (witte bietencysteaaltjes, gele bietencysteaaltjes, noordelijk wortelknobbelaaltjes en wortellesieaaltjes) en bij het tolerante ras alleen niet voor wortellesieaaltjes. Telers kunnen aantasting door verticillium reduceren door de hoeveelheden plantparasitaire aaltjes zo laag mogelijk te houden.

1. Inleiding

Op bietenpercelen in het zuidwesten van Nederland, maar ook in Flevoland en Noord-Holland kan de bodemschimmel verticillium (*Verticillium dahliae*) grote problemen veroorzaken. Uit het rendementverbeteringsproject suikerbietenteelt (SUSY-project) bleek dat op 33% van de kleipercelen door verticillium aangetaste bieten zijn waargenomen [5]. Verticillium dringt via de wortel de plant binnen. Omdat verticillium in vaatbundels groeit, raken ze verstopt en tonen de bladeren symptomen. Typisch symptoom is vergeling tussen de bladnerven, vaak halfzijdig, dat overgaat in afsterven (necrose) en waarbij uiteindelijk het hele blad afsterft (figuren 1 en 2). Deze symptomen zijn vanaf juli/augustus waarneembaar. Na het afsterven van aangetaste bladeren gaat de plant nieuwe vormen, die vervolgens ook door verticillium kunnen worden aangetast (figuur 3). Dit kost de plant veel energie, waardoor er minder energie beschikbaar is voor groei van de wortel en suikeropslag [6]. Het resulteert in een lagere suikeropbrengst.



Figuur 1. Aantasting door verticillium in een perceel in Sluiskil (7 augustus 2007).



Figuur 2. Typische symptomen van verticillium. Het begint met vergeling van het blad tussen de bladnerven (chlorose) die vaak aan één kant van het blad optreedt. Uiteindelijk resulteert dit in het afsterven van het blad.



Figuur 3. Aantasting door verticillium van een bietenplant in een perceel in Sluiskil (7 augustus 2007). De oudere bladeren zijn afgestorven en nieuwe zijn al gevormd, maar deels ook weer aangetast door verticillium.

Een verticilliumaantasting wordt vaak aangetroffen op percelen waarop ook bietencysteaaltjes aanwezig zijn [6]. In een klimaatkamertoets is gebleken dat de aanwezigheid van witte bietencysteaaltjes de aantasting door verticillium bevordert [4, 7]. Daarnaast bleek in veldproeven dat de combinatie van witte bietencysteaaltjes en verticillium kan resulteren in een opbrengstverlies tot ruim 40% [6]. Er zijn echter ook percelen waar wel verticillium werd gevonden, maar geen witte bietencysteaaltjes konden worden aangetoond. Het zou mogelijk kunnen zijn dat op deze percelen wel andere aaltjessoorten aanwezig waren die de aantasting door verticillium bevorderden. Vanuit andere teelten, bijvoorbeeld de aardappelteelt, is bekend dat aaltjes (zoals het aardappelcysteaaltje, het wortelknobbelaaltje en het wortellesieaaltje) de infectie van de aardappelplant met verticillium kunnen bevorderen [2].

Wortellesieaaltjes en wortelknobbelaaltjes kunnen ook voorkomen op suikerbietenpercelen en kunnen dus een aantasting door verticillium in suikerbieten bevorderen. Wortellesieaaltjes (*Pratylenchus* spp.) werden in 2006 en 2007 in het SUSY-project op 93% van de suikerbietenpercelen op zowel klei- als zandgrond aangetoond. Ook werden op 57% van de percelen wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) aangetoond [5].

Doel van dit project was te onderzoeken of een aantasting door verticillium (*V. dahliae*) in suikerbieten wordt bevorderd door diverse soorten aaltjes (bietencysteaaltjes, wortellesieaaltjes en wortelknobbelaaltjes). Dit is onderzocht in een klimaatkamertoets waarin tevens werd gekeken of de hoeveelheid aaltjes die aanwezig waren en het ras dat werd gebruikt een effect hadden op de mate van verticilliumaantasting.

2. Werkwijze

2.1 Opzet klimaatkamertoets

Er is een klimaatkamertoets uitgevoerd om na te gaan wat het effect is van de aanwezigheid van verschillende soorten aaltjes op de aantasting door verticillium. In de klimaatkamer zijn 36 verschillende objecten (in 24 herhalingen) getest:

- wel of geen verticilliumbesmetting;
- een tolerant (IRS I047) of gevoelig (IRS I039) suikerbietenras;
- geen besmetting met aaltjes of een besmetting met weinig (10-14) of veel (830-1.050) per potje:
 - witte bietencysteaaltjes;
 - gele bietencysteaaltjes;
 - noordelijke wortelknobbelaaltjes;
 - wortellessieaaltjes.

In tabel 1 staat per aaltjessoort hoeveel aaltjes er zijn toegevoegd per pot. In bijlage 1 staat een overzicht van de 36 objecten.

2.2 Opkweken van planten

Plastic potjes (180 ml) zijn gevuld met een mengsel van 90% gepasteuriseerd zand en 10% potgrond (w/w) met daaraan toegevoegd 1% havermeelcultuur, die wel of niet geënt was met verticillium afkomstig van suikerbieten (isolaat GN 07-148a1). Per potje zijn er drie zaadjes van een tolerant (I047) of gevoelig (I039) suikerbietenras gezaaid. De potjes zijn in de klimaatkamer opgesteld in een Latijns vierkant. De proef is uitgevoerd bij een dagtemperatuur van 27°C (16 uur; lichtbron van 20.000 lux) en een nachttemperatuur van 22°C (8 uur). Na twee weken werd het aantal planten per potje teruggebracht naar één.

Tabel 1. De aaltjessoorten en hoeveelheid aaltjes per pot (weinig of veel), toegevoegd aan de planten in de klimaatkamertoets. Naast deze acht behandelingen was er ook een behandeling zonder aaltjes.

aaltjessoort		gerealiseerd aantal aaltjes per pot	
Nederlandse naam	Latijnse naam	weinig	veel
wit bietencysteaaltje	<i>Heterodera schachtii</i>	10	1.050
geel bietencysteaaltje	<i>H. betae</i>	10	1.040
noordelijk wortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne hapla</i>	14	830
wortellessieaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i>	12	852

2.3 Klaarmaken van aaltjes

Larven van het wit en geel bietencysteaaltje zijn gelokt door de cysten (gekweekt op koolzaad) op een melkfilter te leggen. Dit melkfilter is in een zeef geplaatst en enkele dagen in water gelegd, om de larven uit de cysten te lokken. Het wit bietencysteaaltje was oorspronkelijk afkomstig van een bietenperceel in Woensdrecht (07-01-04.02) en het geel bietencysteaaltje van een perceel in Groesbeek (08-10-04.01).

Larven van het noordelijk wortelknobbelaaltje waren aangeleverd door HZPC en larven van het wortellessieaaltje door PPO-agv Lelystad.

2.4 Aanbrengen aaltjesbesmetting

Twintig dagen na het zaaien is elk potje afzonderlijk geïnfecteerd met één van de negen aaltjesbesmettingen. Naast de objecten met aaltjes (tabel 1) was er ook een behandeling waarin geen aaltjes, maar alleen water (controle) aan een plant werd toegevoegd.

Potjes zijn vochtig gemaakt en na twee uur is er op ongeveer 1 cm van de plant een gaatje gemaakt (1,5 tot 2 cm diep), waarin 1 ml van de aaltjessuspensie is gepipetteerd. Het gaatje is vervolgens met de hand dichtgemaakt. De eerstvolgende twee dagen kregen de planten geen water en de volgende tien dagen is er alleen van onderuit water gegeven, door het water in de Petri-schalen te gieten waar de potjes op stonden.

Vier weken na het aanbrengen van de aaltjes zijn de potjes van bovenin de klimaatkamer naar onderin verplaatst en andersom, om eventuele effecten van de plaats tegen te gaan.

2.5 Waarnemingen

Drie, vier, zes en tien weken na het infecteren met aaltjes is de aantasting van het blad gescoord (0 = gezond; 4 = dood). Na elf weken is het versgewicht van de wortels bepaald.

2.6 Statistiek

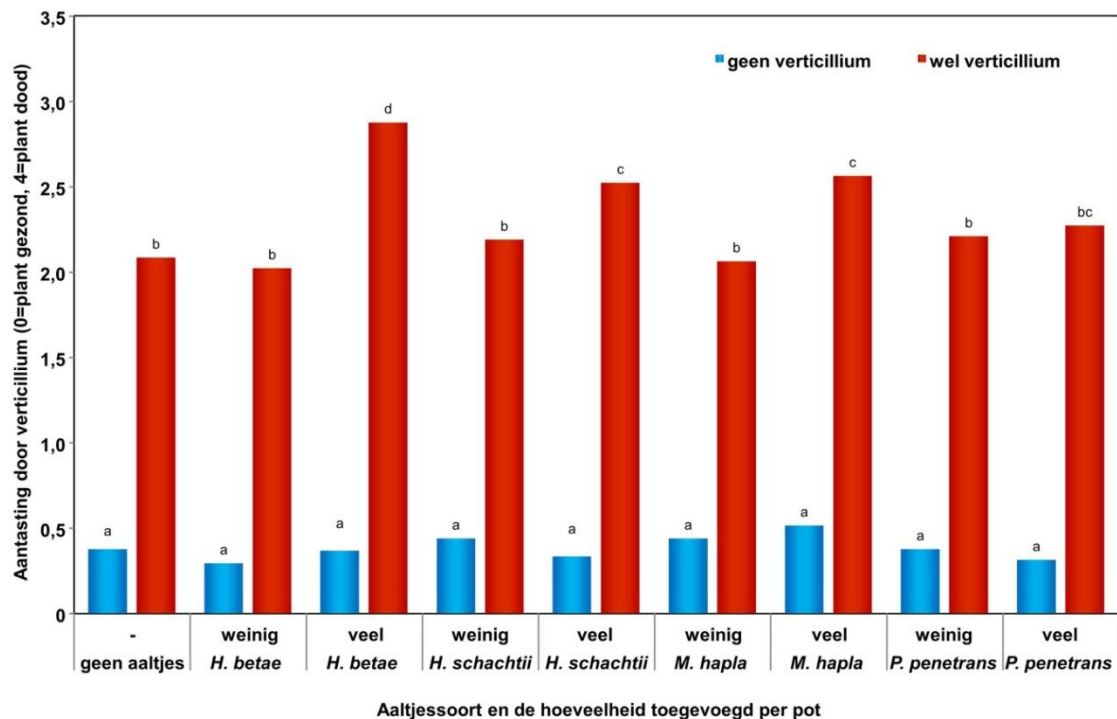
De klimaatkamertoets is uitgevoerd in een Latijns vierkant. Resultaten zijn geanalyseerd met het Genstat-softwarepakket, versie 14, om te bepalen of gevonden verschillen significant waren. Hiervoor is een REstricted Maximum Likelihood (REML)-test gebruikt. Aan de hand van de least significant difference (lsd), tevens berekend door de REML-test, is bepaald of gemiddelden van de resultaten wel of niet significant van elkaar verschilden.

3. Resultaten

3.1 Effect van aaltjessoort en aantal

Bij aanwezigheid van veel aaltjes veroorzaakte verticillium meer bladaantasting in vergelijking met weinig of geen aaltjes. In figuur 4 staat de gemiddelde aantasting na tien weken. Wanneer er verticillium was toegevoegd aan een plant in combinatie met veel (830-1.050) aaltjes van het wortelknobbelaaltje (*M. hapla*), geel (*H. betae*) of wit bietencysteaaltje (*H. schachtii*), dan was de bladaantasting significant groter dan wanneer er weinig van deze aaltjes of geen aaltjes waren toegevoegd (figuur 4). Veel gele bietencysteaaltjes zorgden significant voor de meeste bladaantasting door verticillium (figuur 4).

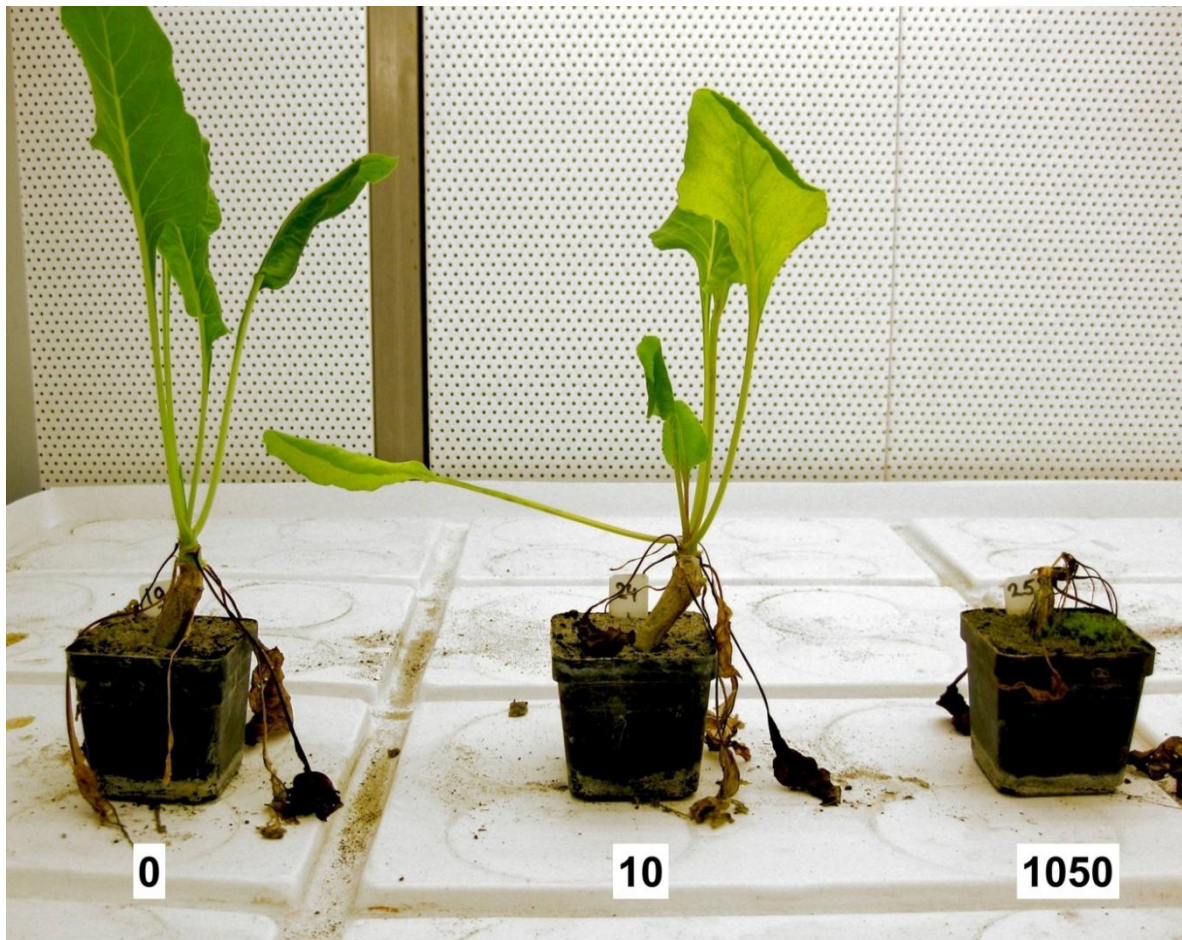
Voor het wortellesieaaltje (*P. penetrans*) lijkt het daarentegen niet op te gaan dat veel aaltjes de bladaantasting versterken (figuur 4), maar dit is een gemiddeld effect over het voor verticilliumgevoelige (I039) en tolerante (I047) ras. Uit het eerste figuur in bijlage 4 blijkt dat voor het gevoelige ras er significant meer bladaantasting was als er veel wortellesieaaltjes waren toegevoegd, dan wanneer geen aaltjes waren toegevoegd.



Figuur 4. Het effect van besmetting met *Verticillium dahliae* en met verschillende hoeveelheden aaltjessoorten (weinig = 10-14, veel = 830-1.050) op de gemiddelde bladaantasting door verticillium na tien weken. Verschillende letters duiden significante verschillen aan (Lsd* 5% = 0,3).

* Lsd = least significant difference.

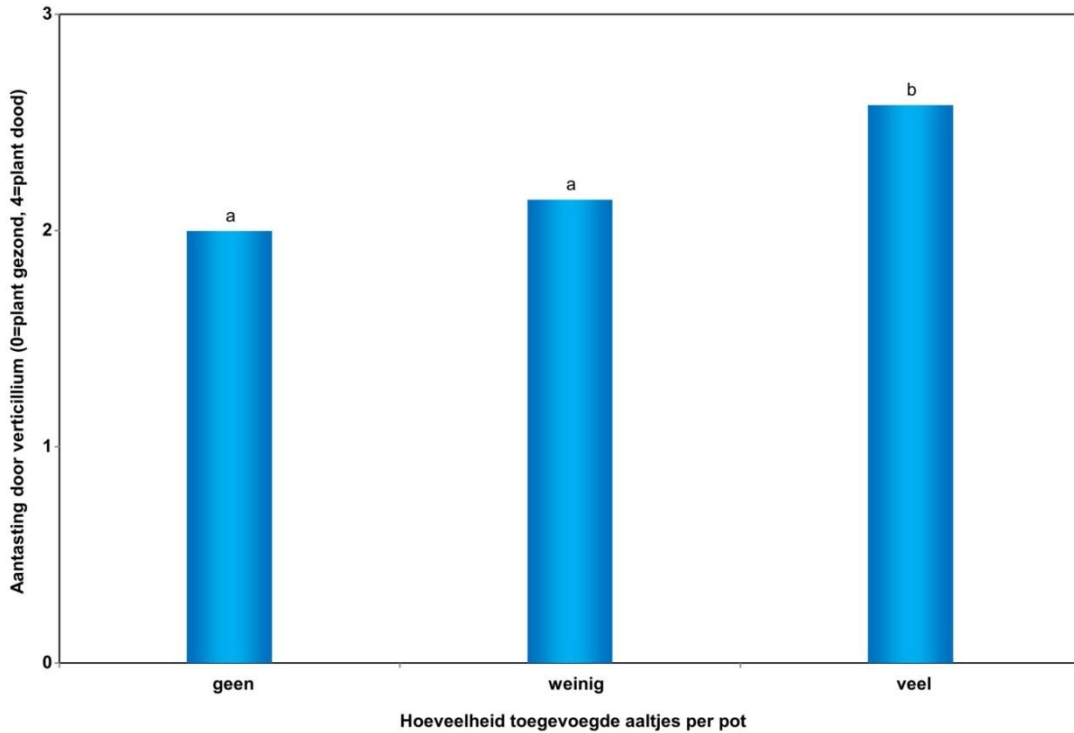
Veel aaltjes zorgden in combinatie met een verticilliumbesmetting tevens voor een lager wortelgewicht in vergelijking met weinig of geen aaltjes. In bijlage 2 is een figuur opgenomen dat hetzelfde beeld geeft als in figuur 4, maar dan voor het gemiddelde wortelgewicht. Een besmetting met verticillium en met veel aanwezige wortelknobbelaaltjes, gele of witte bietencysteaaltjes zorgde dus voor een significant lager wortelgewicht, dan wanneer er weinig of geen van deze aaltjes waren. Voor het geel bietencysteaaltje gold ook hier dat de bevorderende werking op een verticilliumaantasting het sterkste was. De aanwezigheid van het wortellesieaaltje had geen bevorderend effect op de verlaging van het wortelgewicht door verticillium.



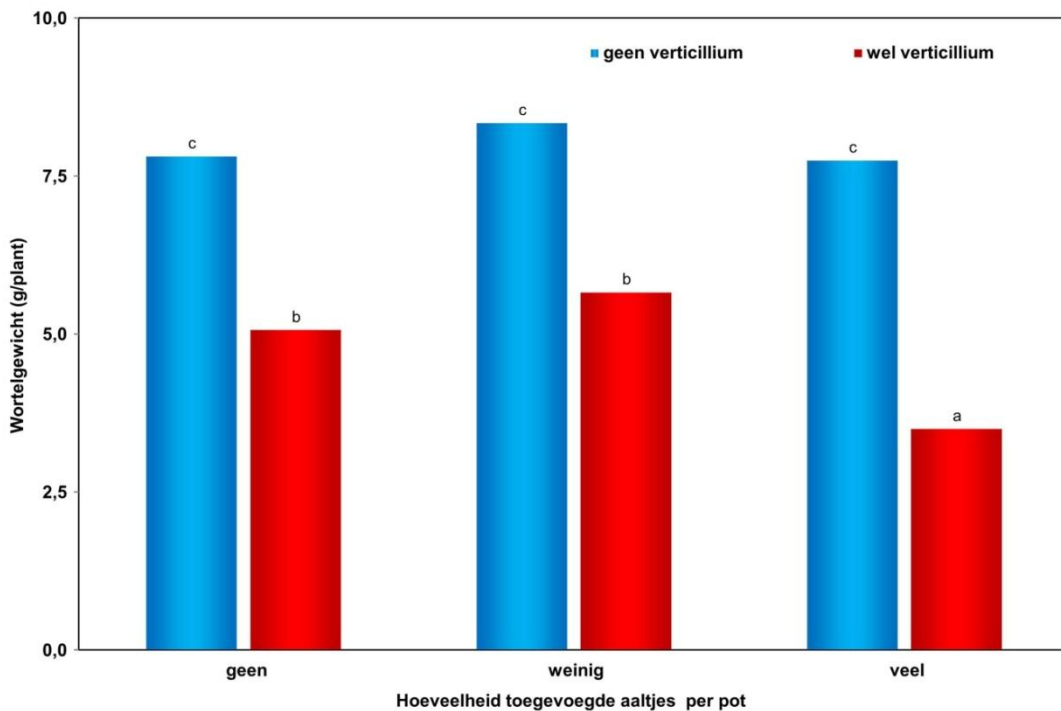
Figuur 5. Resultaten van de klimaatkamertoets. Bij alle planten is verticillium aanwezig, maar daarnaast zijn er aan de plant in het midden 10 en aan de plant rechts 1.050 larven van het gele bietencysteaaltje toegevoegd.

3.2 Effect van aantal aaltjes

In voorgaande paragraaf bleek dat de aanwezigheid van veel (830-1.050) aaltjes een significant bevorderend effect had op door verticillium veroorzaakte bladaantasting en verlaging van het wortelgewicht. In figuur 6 staat het effect van het aantal aaltjes (geen, weinig = 10-14 of veel = 830-1.050) op de gemiddelde bladaantasting door verticillium na tien weken en in figuur 7 staat het effect van het aantal toegevoegde aaltjes en besmetting met verticillium op het wortelgewicht. Uit beide figuren blijkt dat de gezondheid van de plant, uitgedrukt als meer bladaantasting of als verlaging van het wortelgewicht, significant slechter was wanneer er veel aaltjes waren toegevoegd, dan wanneer dit niet het geval was. Dit geldt alleen als er verticillium aanwezig was. Bij geen verticillium waren alle wortelgewichten gelijk ongeacht het aantal toegevoegde aaltjes per pot (figuur 7).



Figuur 6. Het effect van de hoeveelheid toegevoegde aaltjes per pot (geen = 0, weinig = 10-14 of veel 830-1.050) op de gemiddelde bladaantasting door verticillium na tien weken. Verschillende letters duiden significante verschillen aan ($P = 0,025$, $\text{lsd}^* 5\% = 0,3$).

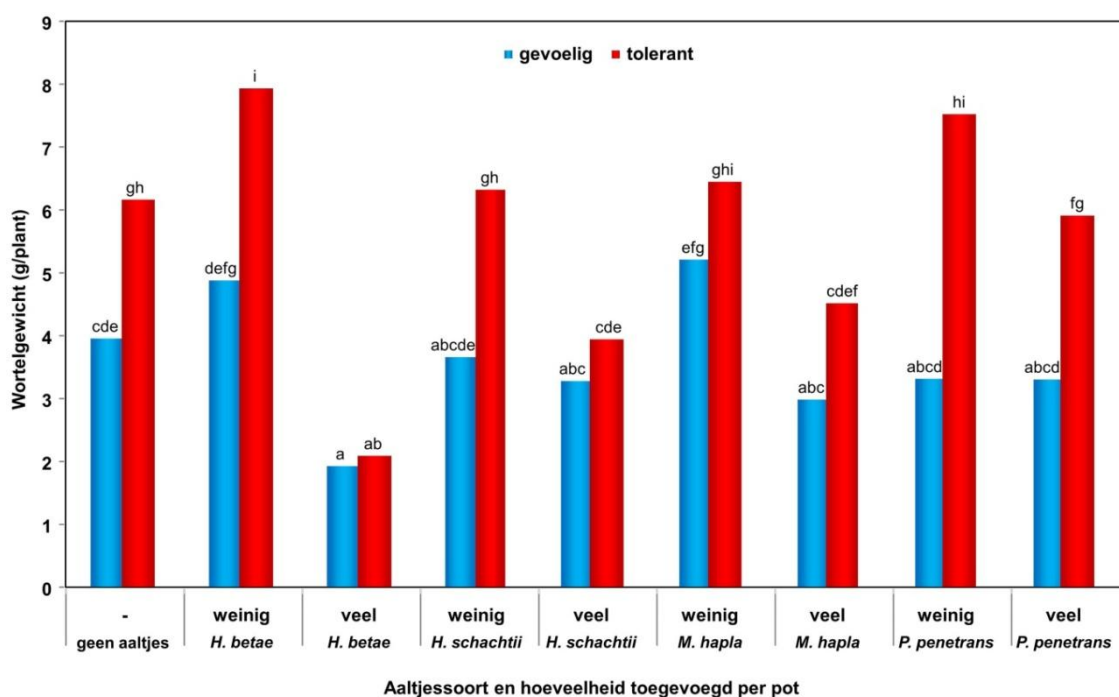


Figuur 7. Het effect van besmetting met verticillium en de hoeveelheid toegevoegde aaltjes per pot (geen = 0, weinig = 10-14 of veel 830-1.050) op het gemiddelde wortelgewicht na elf weken. Verschillende letters duiden significante verschillen aan ($\text{lsd}^* 5\% = 0,77$).

* lsd = least significant difference.

3.3 Effect rassenkeuze

Het gevoelige ras (I039) had significant meer bladaantasting bij een besmetting met verticillium dan het tolerante ras (I047) (figuur in bijlage 3). Verder was het gemiddelde wortelgewicht van het tolerante ras hoger dan dat van het gevoelige ras bij een besmetting met verticillium (tabel in bijlage 3). Bij besmetting met verticillium was er een effect van aaltjessoort en hoeveelheid toegevoegd per pot op het wortelgewicht als er een gevoelig of tolerant ras werd geteeld (figuur 8). Als er geen aaltjes, weinig of veel wortelstee-aaltjes of weinig gele of witte bietencysteaaltjes waren toegevoegd aan een pot, produceerde het tolerante ras significant meer wortel(gewicht) dan het gevoelige ras. Als er echter wortelknobbelaaltjes of veel gele of witte bietencysteaaltjes waren toegevoegd aan een pot was er geen significant verschil tussen het wortelgewicht van de twee rassen.



Figuur 8. Het effect van ras en aaltjessoort en toegevoegde hoeveelheid per pot (geen = 0, weinig = 10-14 of veel = 830-1.050) op het gemiddelde wortelgewicht wanneer er verticillium aanwezig is. Verschillende letters duiden significante verschillen aan (LSD* 5% = 1,58).

* Lsd = least significant difference.

4. Discussie

4.1 Belangrijkste resultaten

Uit eerder onderzoek was al gebleken dat de aanwezigheid van witte bietencysteaaltjes een aantasting door verticillium kunnen versterken [7]. Daarnaast was uit andere teelten bekend dat ook andere aaltjes een bevorderend effect hebben op verticillium [2]. De resultaten van deze klimaatkamertoets tonen aan dat ook voor bieten geldt dat meerdere aaltjessoorten een verticilliumaantasting bevorderen (figuur 4 en bijlage 4).

De aaltjesdichtheid bleek echter belangrijker te zijn dan de toegevoegde soort. De aanwezigheid van veel (830-1.050) aaltjes bevorderde een aantasting van verticillium significant, terwijl weinig (10-14) aaltjes niet voor meer aantasting zorgde dan de controle zonder aaltjes (figuur 6 en 7).

Er zijn ook effecten van ras (gevoelig of tolerant) en aaltjessoort gevonden in de klimaatkamertoets. Zo heeft het geel bietencysteaaltje het meest bevorderende effect op een verticilliumaantasting (figuur 4). Het wortellesieaaltje had alleen een significant bevorderend effect op de bladaantasting bij de teelt van een gevoelig ras en als er veel (852) aaltjes aanwezig waren (bijlage 4). Zoals verwacht, leed het gevoelige ras meer onder een verticilliumaantasting dan het tolerante ras (bijlage 3). Wanneer er echter veel (830-1.050) aaltjes werden toegevoegd, bleek dat voor drie van de vier aaltjessoorten het verschil in wortelgewicht tussen de twee rassen niet langer significant was (figuur 8). Het effect van de aaltjesdichtheid is dus belangrijker dan de tolerantie van het ras.

4.2 Beheersmaatregelen verticillium en aaltjes

Schade door verticillium wordt bevorderd als er veel aaltjes aanwezig zijn. Dit gold voor het wit bietencysteaaltje, het geel bietencysteaaltje, het noordelijk wortelknobbelaaltje en bij één bietenras ook het wortellesieaaltje. Naast het beheersen van verticillium is het om schade te beperken ook belangrijk om deze aaltjes te beheersen.

De gewasrotatie is zowel voor het beheersen van verticillium als aaltjes erg belangrijk. Voor aaltjesbeheersing bepaalt het soort aaltje welke gewassen het best op een perceel kunnen worden geteeld. In het aaltjesschema (www.aaltjesschema.nl) staat voor ieder gewas aangegeven wat het effect op de vermeerdering van aaltjes is. Voor het beheersen van verticillium is een bouwplan met voldoende granen en grassen erg belangrijk [8]. Gewassen als aardappelen, vlinderbloemigen, vlas en spruiten kunnen juist voor een vermeerdering van verticillium zorgen [3].

Er moet dus eerst bekend zijn welke aaltjes op een perceel aanwezig zijn en in welke mate, voordat er maatregelen tegen kunnen worden genomen. Hiervoor is het belangrijk om aaltjesmonsters te nemen. In de brochure ‘Bemonsteren op aaltjes – doe het met regelmaat!’ [1] staat wat het beste moment en de juiste methode is.

Naast gewassen kunnen onkruiden ook waardplanten van verticillium en aaltjes zijn [10]. Een goede onkruidbeheersing is dus erg belangrijk. Zo zijn zwarte nachtschade, ganzevoet en brandnetel goede waardplanten van verticillium [3]. Zij zorgen dus voor een vermeerdering van de bodemschimmel en moeten in alle teelten goed worden beheerst. Het soort aaltje bepaalt welke onkruiden goede waardplanten zijn [10]. In het algemeen zullen dat onkruiden zijn van dezelfde plantfamilie als gewassen die goede waardplanten zijn.

Voor de beheersing van aaltjes in de herfst is er ook een mogelijkheid voor het telen van een groenbemester. Bij de juiste keuze van soort en ras kan er actieve afname van de aaltjespopulatie plaatsvinden [11]. In het aaltjesschema staan naast gewassen ook groenbemers met hun effect op verschillende soorten aaltjes.

Voor de beheersing van zowel het geel als het wit bietencysteaaltje is het ook mogelijk om partieel resistente rassen te telen. Hiervoor dient te worden gekozen bij overschrijding van de schadedrempel van het wit bietencysteaaltje (150 tot 300 eieren en larven/100 ml grond). Op IRS-rassenproefvelden in 2010 en 2011 bleken de partieel resistente rassen al rendabel vanaf slechts 75 eieren en larven van het geel bietencysteaaltje per 100 ml grond [9]. Een slechte bodemstructuur of zuurstofgebrek zijn naast aaltjes versterkende factoren van een verticilliumaantasting [8]. Zorg daarom altijd voor een goede bodemstructuur, zodat de bieten goed groeien en minder last hebben van een ziekteverwekker als verticillium.

5. Conclusies

Schade door *Verticillium dahliae* wordt bevorderd door aaltjes. Hoe meer aaltjes aanwezig waren, hoe meer aantasting er zichtbaar was. Dit gold bij het gevoelige ras voor alle vier de aaltjes (wit bietencysteaaltje, geel bietencysteaaltje, noordelijk wortelknobbelaaltje en wortelstelenaaletje). Bij het tolerante ras gold het alleen voor het wit en het geel bietencysteaaltje en het noordelijk wortelknobbelaaltje. Telers kunnen aantasting door *verticillium* reduceren door de hoeveelheid plantparasitaire aaltjes zo laag mogelijk te houden.

6. Literatuuroverzicht

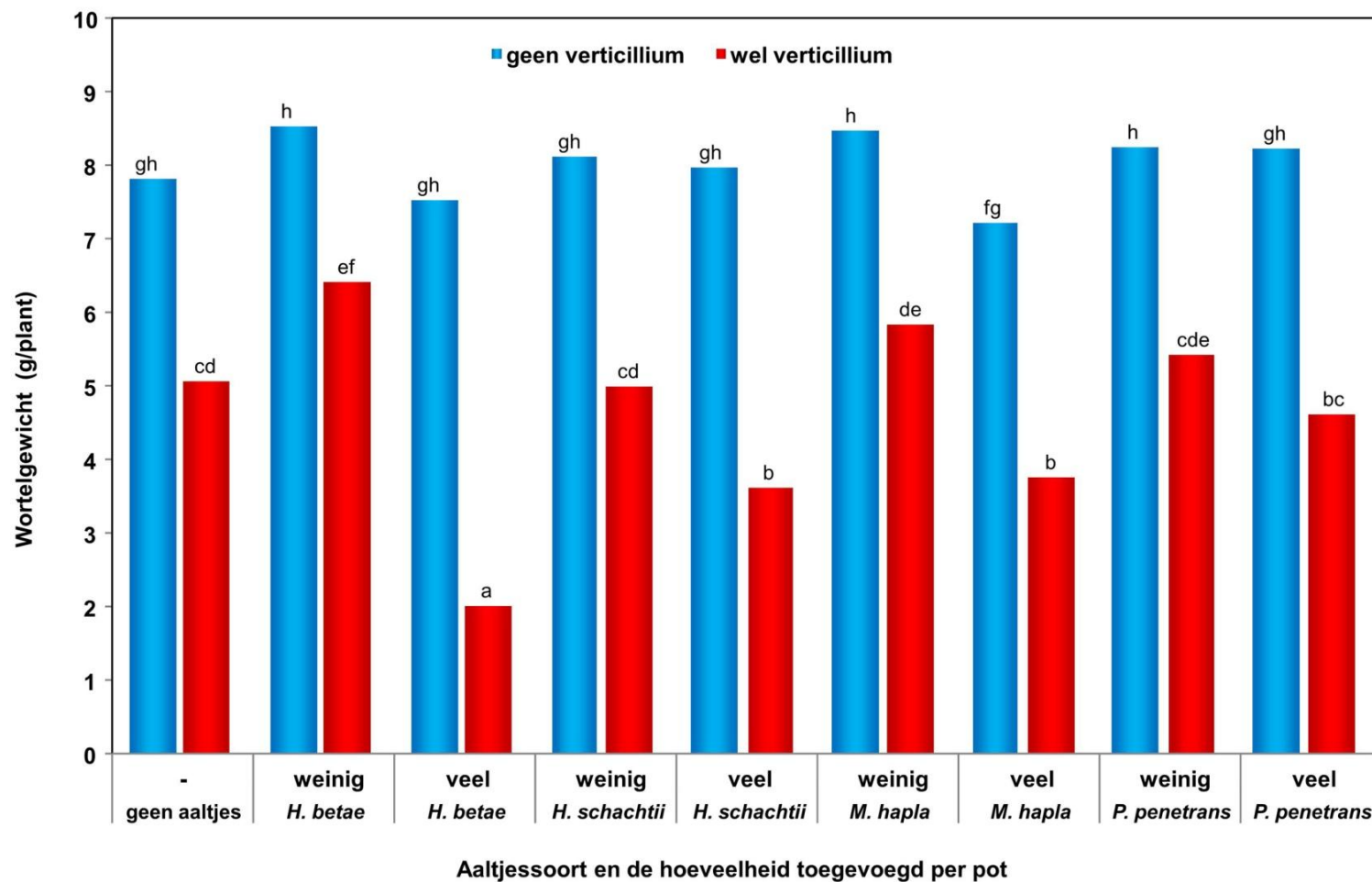
1. Actieplan Aaltjesbeheersing (2007).
Bemonsteren op aaltjes - doe het met regelmaat!
Den Haag.
2. Bus (1996): Teelthandleiding pootaardappelen - ziekten en plagen.
www.kennisakker.nl.
3. Dodde, H. (2012): Aaltjes versterken verticillium.
Gewas (ZLTO Nieuwe Oogst). Jaargang 8, editie 4, blz. 10.
4. Hanse, B. (2011): *Verticillium dahliae* as the causal agent of 'yellow necrosis' in the Netherlands. A report on field and climate room trials in 2009.
IRS-rapport 11R01.
5. Hanse, B., Schneider, J.H.M., Termorshuizen, A.J., Varrelmann, M. (2011): Pests and diseases contribute to sugar beet yield difference between top and averagely managed farms.
Crop Protection, 30, 671-678.
6. IRS (2009): Onderzoek naar de oorzaak van gele necrose.
Jaarverslag 2008. Project No. 07-05. TEELT Blz. 27-28.
7. IRS (2011a): Karakterisering van verticilliumisolaten uit suikerbieten.
Jaarverslag 2010. Project No. 12-13. SCHIMMELS Blz. 56-58.
8. IRS (2011b): *Verticillium*.
Betatip, hoofdstuk 10.5.2. Blz. 55-57.
9. Raaijmakers, E. (2011): Nieuwe adviezen voor aanpak geel bietencysteaaltje.
COSUN magazine. December 2011 (nr. 6). Blz. 15.
10. Van Beers, T. (2008): Aaltjes zijn gek op onkruid.
www.kennisakker.nl.
11. Van Beers, T. (2009): Houd met de keuze voor een groenbemester ook rekening met aaltjes.
www.kennisakker.nl.

Bijlage 1. Objectenlijst

Tabel. Objectenlijst van behandelingen in de klimaatkamertoets.

objectnr.	verticillium- besmetting	ras	aaltjessoort		aantal toegevoegde aaltjes per pot
			naam	code	
1	nee	gevoelig (I039)	geen aaltjes	C	0
2	nee	gevoelig (I039)	<i>H. schachtii</i>	Hs	10
3	nee	gevoelig (I039)	<i>H. schachtii</i>	Hs	1.050
4	nee	gevoelig (I039)	<i>H. betae</i>	Hb	10
5	nee	gevoelig (I039)	<i>H. betae</i>	Hb	1.040
6	nee	gevoelig (I039)	<i>M. hapla</i>	Mh	14
7	nee	gevoelig (I039)	<i>M. hapla</i>	Mh	830
8	nee	gevoelig (I039)	<i>P. penetrans</i>	Pp	12
9	nee	gevoelig (I039)	<i>P. penetrans</i>	Pp	852
10	nee	tolerant (I047)	geen aaltjes	C	0
11	nee	tolerant (I047)	<i>H. schachtii</i>	Hs	10
12	nee	tolerant (I047)	<i>H. schachtii</i>	Hs	1.050
13	nee	tolerant (I047)	<i>H. betae</i>	Hb	10
14	nee	tolerant (I047)	<i>H. betae</i>	Hb	1.040
15	nee	tolerant (I047)	<i>M. hapla</i>	Mh	14
16	nee	tolerant (I047)	<i>M. hapla</i>	Mh	830
17	nee	tolerant (I047)	<i>P. penetrans</i>	Pp	12
18	nee	tolerant (I047)	<i>P. penetrans</i>	Pp	852
19	ja	gevoelig (I039)	geen aaltjes	C	0
20	ja	gevoelig (I039)	<i>H. schachtii</i>	Hs	10
21	ja	gevoelig (I039)	<i>H. schachtii</i>	Hs	1.050
22	ja	gevoelig (I039)	<i>H. betae</i>	Hb	10
23	ja	gevoelig (I039)	<i>H. betae</i>	Hb	1.040
24	ja	gevoelig (I039)	<i>M. hapla</i>	Mh	14
25	ja	gevoelig (I039)	<i>M. hapla</i>	Mh	830
26	ja	gevoelig (I039)	<i>P. penetrans</i>	Pp	12
27	ja	gevoelig (I039)	<i>P. penetrans</i>	Pp	852
28	ja	tolerant (I047)	geen aaltjes	C	0
29	ja	tolerant (I047)	<i>H. schachtii</i>	Hs	10
30	ja	tolerant (I047)	<i>H. schachtii</i>	Hs	1.050
31	ja	tolerant (I047)	<i>H. betae</i>	Hb	10
32	ja	tolerant (I047)	<i>H. betae</i>	Hb	1.040
33	ja	tolerant (I047)	<i>M. hapla</i>	Mh	14
34	ja	tolerant (I047)	<i>M. hapla</i>	Mh	830
35	ja	tolerant (I047)	<i>P. penetrans</i>	Pp	12
36	ja	tolerant (I047)	<i>P. penetrans</i>	Pp	852

Bijlage 2. Effect van aaltjessoort en hoeveelheid op wortelgewicht



Figuur. Effect van besmetting met verticillium en aaltjessoort met toegevoegde hoeveelheid per pot (geen = 0; weinig = 10-14; veel = 830-1.050) op het gemiddelde wortelgewicht (g/plant). Verschillende letters duiden op significante verschillen (lsd* 5% = 1,0).

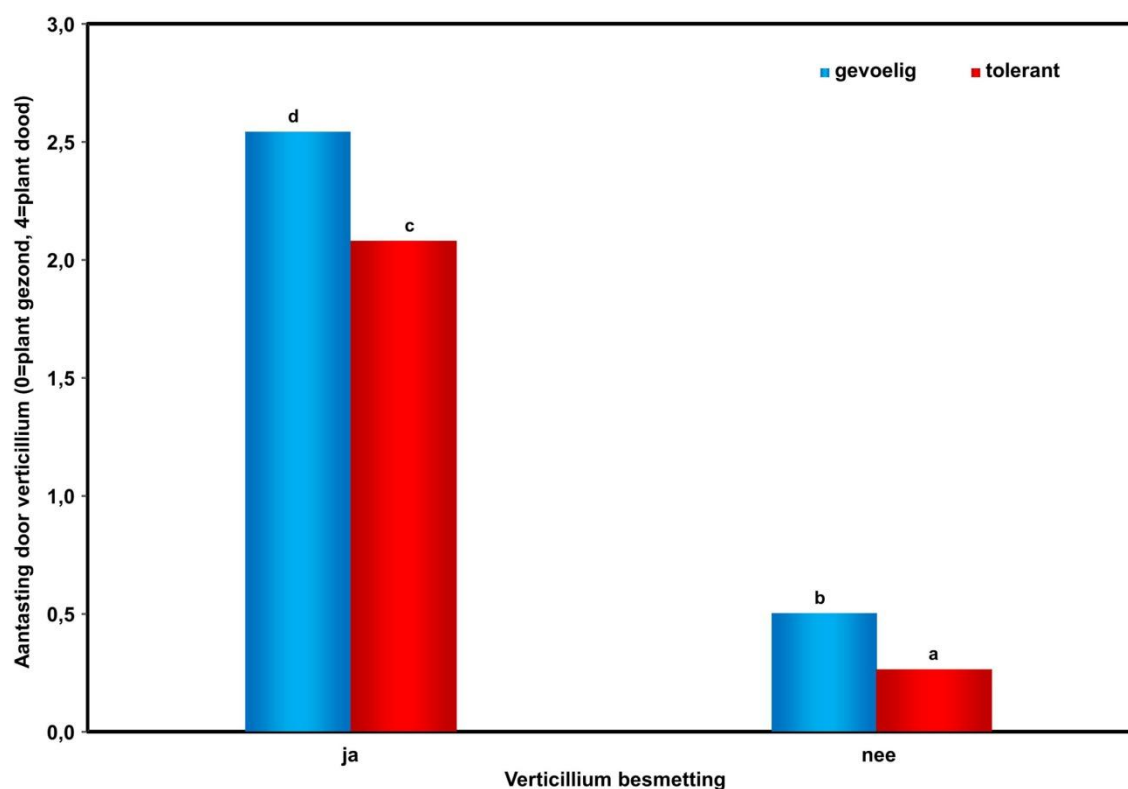
* lsd = least significant difference.

Bijlage 3. Effecten van ras

Tabel. Het gemiddelde wortelgewicht (g/plant) voor het gevoelige (I039) en tolerante (I047) ras.

ras	wortelgewicht (g/plant)
gevoelig (I039)	5,31 a
tolerant (I047)	7,32 b
P-waarde	<0,001
lsd* (5%)	0,337

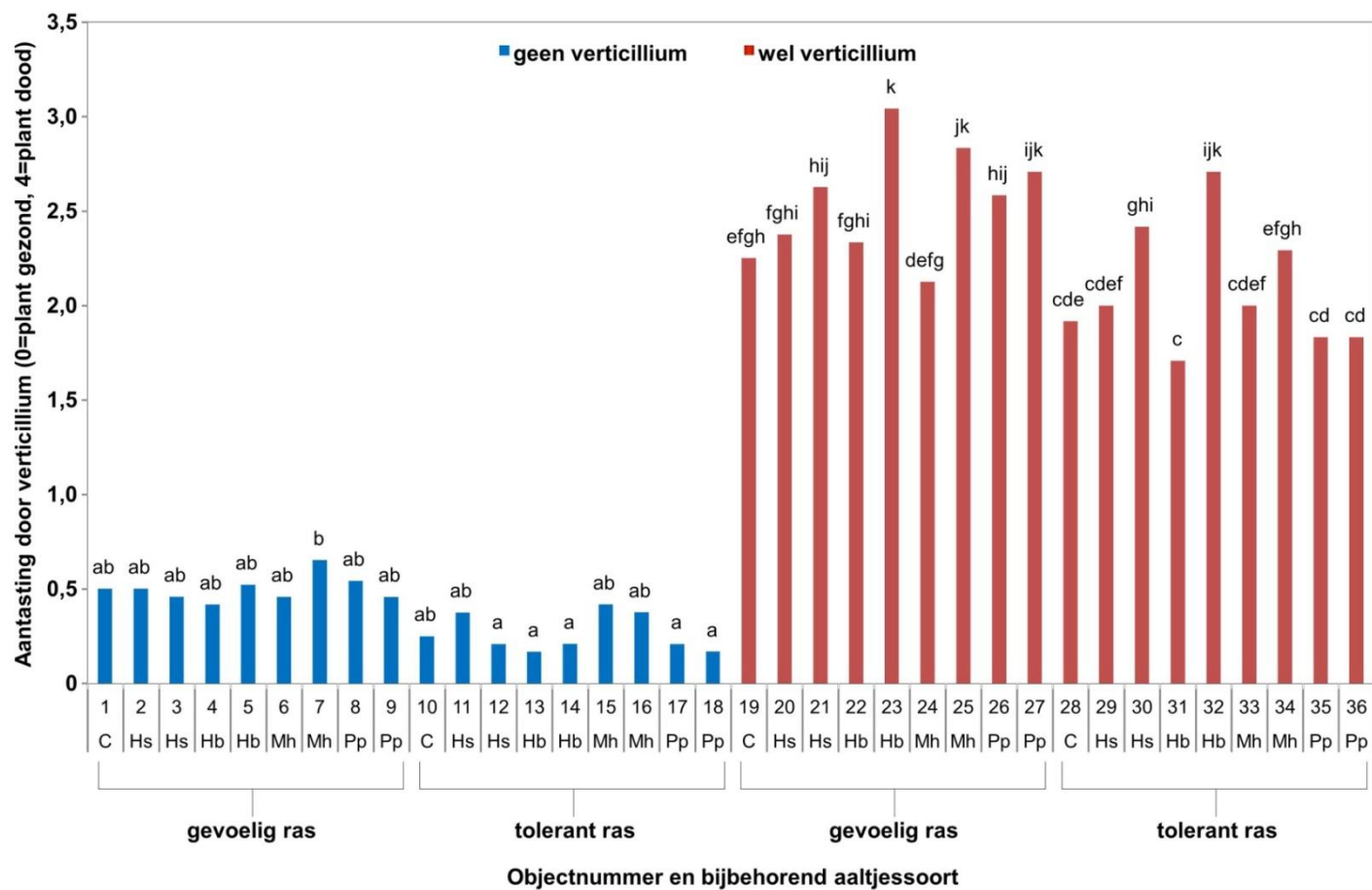
* lsd = least significant difference.



Figuur. Het effect van besmetting met verticillium en ras op de gemiddelde bladaantasting na tien weken. Verschillende letters duiden op significante verschillen (lsd* 5% = 0,14).

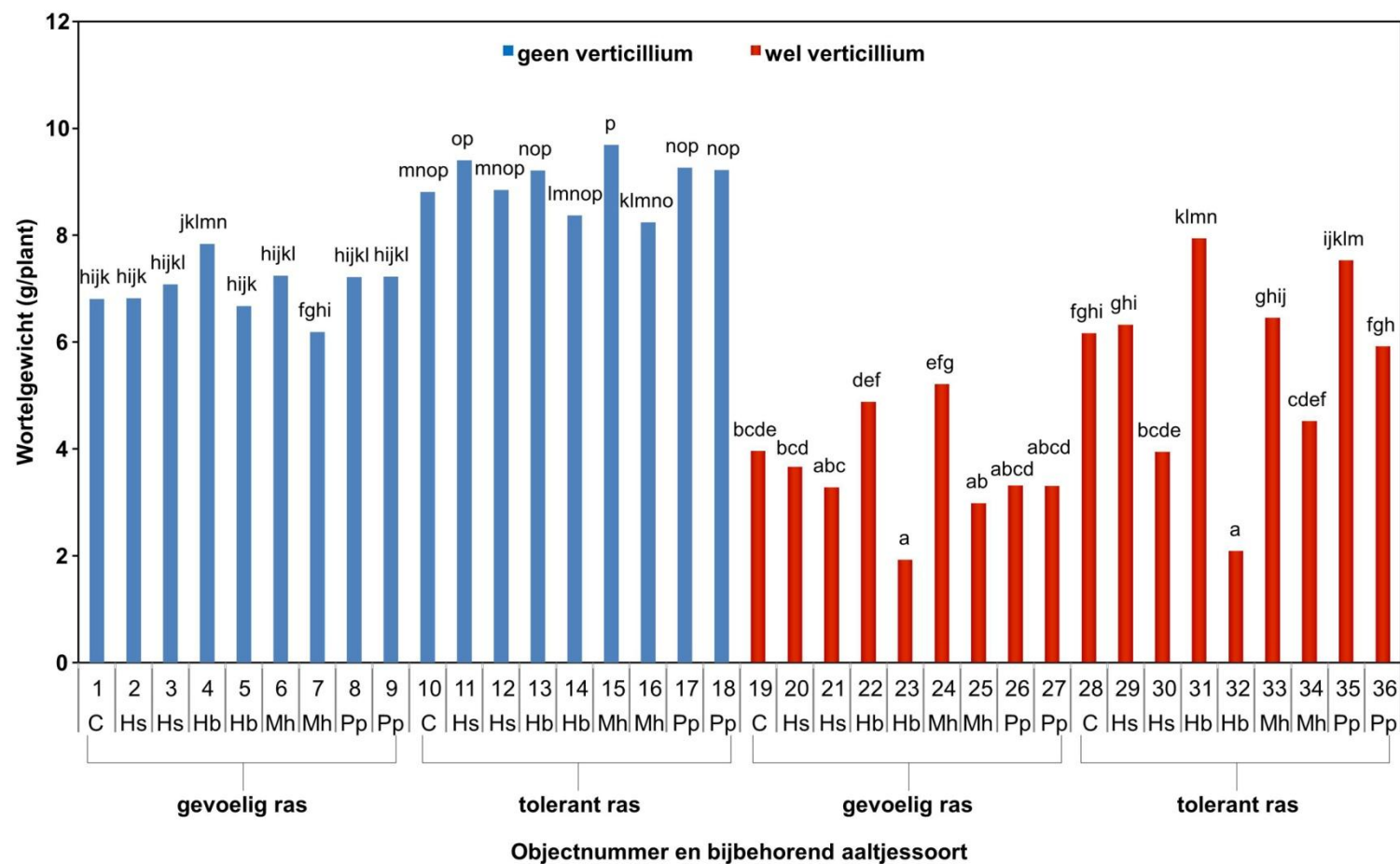
* lsd = least significant difference.

Bijlage 4. Effecten van alle factoren op bladaantasting en wortelgewicht



Figuur. Effect van verticilliumbesmetting, ras, aaltjessoort en hoeveelheid toegevoegde aaltjes op de gemiddelde bladaantasting na tien weken. Objectnummers verwijzen naar de behandeling zoals omschreven is in bijlage 1. Verschillende letters duiden op significante verschillen (Lsd* =5%).

* Lsd = least significant difference.



Figuur. Effect van verticilliumbesmetting, ras, aaltjessoort en hoeveelheid aaltjes toegevoegd op het gemiddelde wortelgewicht (g/plant). Objectnummers verwijzen naar de behandeling zoals omschreven is in bijlage 1. Verschillende letters duiden op significante verschillen (LSD* =5%).

* Lsd = least significant difference.

Bijlage 5. Alle resultaten

Tabel. Gemiddelde resultaten van de bladbeoordelingen na drie, vier, zes en tien weken en weging van de wortels na elf weken met hun significante verschillen. Verschillende letters in een kolom duiden op significante verschillen (lsd* =5%). Een beschrijving van de objecten staat in bijlage 1.

objectnr.	aantasting door verticillium (0=plant gezond, 4=plant dood)				wortelgewicht
	drie weken	vier weken	zes weken	tien weken	(g/plant)
1	0,0 a	0,1 a	0,6 b	0,5 ab	6,8 hijk
2	0,0 a	0,0 a	0,6 ab	0,5 ab	6,8 hijk
3	0,0 a	0,1 a	0,6 ab	0,5 ab	7,1 hijkl
4	0,0 a	0,2 ab	0,4 ab	0,4 ab	7,8 jklmn
5	0,0 a	0,0 a	0,5 ab	0,5 ab	6,7 hijk
6	0,0 a	0,2 ab	0,5 ab	0,5 ab	7,2 hijkl
7	0,0 a	0,0 a	0,5 ab	0,7 b	6,2 fgghi
8	0,0 a	0,1 a	0,6 ab	0,5 ab	7,2 hijkl
9	0,0 a	0,2 ab	0,5 ab	0,5 ab	7,2 hijkl
10	0,0 a	0,1 a	0,4 ab	0,3 ab	8,8 mnop
11	0,0 a	0,2 ab	0,3 a	0,4 ab	9,4 op
12	0,0 a	0,1 a	0,4 ab	0,2 a	8,8 mnop
13	0,0 a	0,1 a	0,3 a	0,2 a	9,2 nop
14	0,0 a	0,3 abcd	0,3 a	0,2 a	8,4 lmnop
15	0,0 a	0,3 abc	0,3 ab	0,4 ab	9,7 p
16	0,0 a	0,2 abc	0,3 a	0,4 ab	8,2 klmnno
17	0,0 a	0,2 ab	0,3 a	0,2 a	9,3 nop
18	0,0 a	0,1 a	0,4 ab	0,2 a	9,2 nop
19	0,5 efg	1,2 fgh	1,9 efgh	2,3 efgh	4,0 bcde
20	0,4 def	1,2 fgh	2,0 fgh	2,4 fgghi	3,7 bcd
21	0,7 gh	1,4 ghi	2,0 fgh	2,6 hij	3,3 abc
22	0,4 cdef	1,3 ghi	1,9 efgh	2,3 fgghi	4,9 def
23	0,8 h	2,3 j	2,2 hi	3,0 k	1,9 a
24	0,3 bcdef	1,3 ghi	1,8 defg	2,1 defg	5,2 efg
25	0,3 bcdef	1,5 hi	2,1 ghi	2,8 jk	3,0 ab
26	0,3 bcde	1,3 ghi	1,9 efgh	2,6 hij	3,3 abcd
27	0,5 fg	1,6 i	2,0 fgh	2,7 ijk	3,3 abcd
28	0,2 abcd	0,8 ef	1,5 cd	1,9 cde	6,2 fgghi
29	0,2 abc	0,8 ef	1,6 cde	2,0 cdef	6,3 ghi
30	0,2 abc	1,1 fg	1,9 efgh	2,4 ghi	3,9 bcde
31	0,0 a	0,3 abcd	1,5 cd	1,7 c	7,9 klmn
32	0,5 fg	1,6 i	2,4 i	2,7 ijk	2,1 a
33	0,1 abc	0,5 bcde	1,7 cde	2,0 cdef	6,4 ghij
34	0,1 ab	0,6 cde	1,8 def	2,3 efgh	4,5 cdef
35	0,0 a	0,3 abcd	1,4 c	1,8 cd	7,5 ijklm
36	0,0 a	0,7 de	1,8 def	1,8 cd	5,9 fgh
lsd* (5%)	0,2384	0,3814	0,3058	0,414	1,4296
P-waarde	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

* lsd = least significant difference.

Bijlage 6. Statistiek

Tabel. Resultaten statistische vergelijkingen (REML) van interacties tussen toegevoegde aaltjes, ras en verticilliumbesmetting voor bladaantasting na tien weken en wortelgewicht.

bron van variatie	P-waarde	
	bladaantasting	wortelgewicht
aaltjes met aantal toegevoegd (A)	<0,001	<0,001
ras (R)	<0,001	<0,001
verticilliumbesmetting (V)	<0,001	<0,001
A × R	0,302	0,081
A × V	<0,001	<0,001
R × V	0,021	0,887
A × R × V	0,856	0,116

Tabel. Resultaten statistische vergelijking (REML) van de interactie tussen aantal aaltjes toegevoegd en verticilliumbesmetting voor het wortelgewicht.

bron van variatie	P-waarde
aantal aaltjes toegevoegd	<0,001
verticilliumbesmetting	<0,001
aantal aaltjes toegevoegd * verticilliumbesmetting	<0,001

Tabel. Resultaten statistische vergelijkingen (REML) van planten die met verticillium zijn besmet van interacties tussen aaltjes met aantal toegevoegd en ras voor bladaantasting na tien weken en wortelgewicht.

bron van variatie	P-waarde	
	bladaantasting	wortelgewicht
aaltjes met aantal toegevoegd	<0,001	<0,001
ras	<0,001	<0,001
aaltjes met aantal toegevoegd * ras	0,301	0,010